





**COMPOSITE THIN FILM MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION**

**Patent number:** JP9022512  
**Publication date:** 1997-01-21  
**Inventor:** ONUMA HIROSHI; ONUMA KAZUNORI; TAMURA TAKASHI  
**Applicant:** SONY CORP  
**Classification:**  
- international: G11B5/39; G11B5/31  
- european:  
**Application number:** JP19950170017 19950705  
**Priority number(s):**

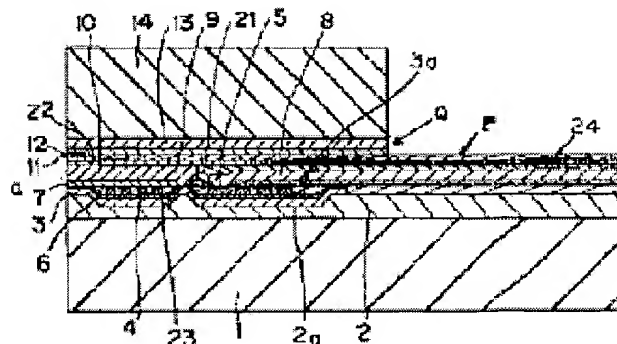
**Also published as:**

 EP0752700 (A2)  
 US5691867 (A1)  
 JP9022512 (A)  
 EP0752700 (A3)

**Abstract of JP9022512**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain such a composite thin film magnetic head of high reliability and to obtain its production by which a high magnetic field density for recording can be obtd. without thermally deteriorating an MR element and when the composite thin film magnetic head is a sliding type one, uneven wear which tends to occur in the lower magnetic core and the upper magnetic core magnetic head can be reduced.

**SOLUTION:** This composite thin film magnetic head is produced by forming an inductive head part P on a base substrate 1 and then forming an MR head part Q on the inductive head part P. In this method, a groove 2a is formed on the upper surface of an insulating layer 2 which is formed on the base substrate 1. By forming the groove 2a, a recessed part 3a is formed in the lower magnetic core 3 and a conductive coil 4 is formed as embedded in a first flattening layer 23 on the recessed part 3a.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-22512

(43) 公開日 平成9年(1997)1月21日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B	5/39		G 1 1 B	5/39
	5/31	9058-5D		5/31
				A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平7-170017

(22) 出願日 平成7年(1995)7月5日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 大沼 博

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 大沼 一紀

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 田村 孝

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

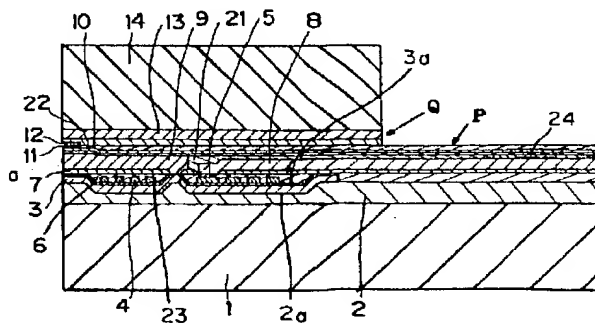
(74) 代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 【発明の名称】 複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 MR素子を熱的に劣化させることなく高記録磁界密度を達成し、当該複合型薄膜磁気ヘッドが摺動型である場合に下部磁気コア及び上部磁気コアに発生しがちな偏摩耗を緩和して、信頼性の高い複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供する。

【構成】 複合型薄膜磁気ヘッドを、ベース基板1上に作製されたインダクティブヘッド部P上にMRヘッド部Qを積層形成して構成する。この場合、ベース基板1上に成膜された絶縁層2の上面に溝部2aを形成し、この溝部2aが存することにより下部磁気コア3に形成される凹部3a上に第1の平坦化層23を介して導体コイル4を埋設形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性材料よりなる基板上に、上面に凹部を有する軟磁性材料よりなる下部磁気コアと、当該下部磁気コアに形成された凹部上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して埋設形成されてなるスパイラル状の導体コイルと、当該導体コイル上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して積層された軟磁性材料よりなる上部磁気コアとを有する誘導型磁気ヘッド部を備えるとともに、

下部磁性層を兼ねた前記上部磁気コア上に絶縁層を介して形成されてなる磁気抵抗効果素子と、当該磁気抵抗効果素子上に絶縁層を介して積層されてなる上部磁性層とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッド部を備えることを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 基板と下部磁気コアとの間に、上面に溝部を有する絶縁層が形成され、当該絶縁層に溝部が存することにより下部磁気コアに形成される凹部上に平坦化層を介して導体コイルが埋設形成されていることを特徴とする請求項1記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 下部磁気コア及び上部磁気コアがそれぞれ高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜よりなることを特徴とする請求項1記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 下部磁気コア及び上部磁気コアは、その軟磁性を得るために施される熱処理時の加熱温度が磁気抵抗効果素子の劣化温度より高い金属磁性膜よりなることを特徴とする請求項3記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 下部磁気コア及び上部磁気コアがFe-Ru-Ga-Si合金或はアモルファス合金を材料とする金属磁性膜よりなることを特徴とする請求項3記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 基板が、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70～50/50であって且つNiOの含有量が5～30mol%である非磁性材料よりなることを特徴とする請求項1記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 上部磁性層上に保護板を有し、この保護板が、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70～50/50であって且つNiOの含有量が5～30mol%である非磁性材料よりなることを特徴とする請求項1記載の複合型薄膜磁気ヘッド。

【請求項8】 非磁性材料よりなる基板上に、上面に凹部を有する軟磁性材料よりなる下部磁気コアを成膜する工程と、当該凹部上に絶縁材料よりなる平坦化層を介してスパイラル状の導体コイルを埋設形成する工程と、当該導体コイル上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して軟磁性材料よりなる上部磁気コアを積層する工程とを順次経ることにより誘導型磁気ヘッド部を作製した後、

下部磁性層を兼ねた前記上部磁気コア上に絶縁層を介して磁気抵抗効果素子を形成する工程と、当該磁気抵抗効果素子上に絶縁層を介して上部磁性層を積層する工程とを順次経ることにより磁気抵抗効果型磁気ヘッド部を作製することを特徴とする複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、薄膜よりなる導体コイルを備える記録用の誘導型磁気ヘッド部と磁気抵抗効果素子を備える再生用の磁気抵抗効果型磁気ヘッド部とを併せ持つ複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、薄膜磁気ヘッドとしては、磁性層、絶縁層等の薄膜が多重に積層され、さらに導体コイルやリード線等が形成されてなるものがある。この薄膜磁気ヘッドは真空薄膜形成技術により形成されるため、狭トラック化や狭ギャップ化等の微細寸法化が容易で高分解能記録が可能であるという特徴を有しており、高密度記録化に対応した磁気ヘッドとして注目されている。

【0003】 例えば、磁気記録媒体に対向して情報信号の記録・再生を行うタイプの薄膜磁気ヘッドとしては、磁気抵抗効果素子が上部磁性層及び下部磁性層に挟持されてなる再生用の磁気抵抗効果型磁気ヘッド部と、下部磁気コアを兼ねた前記上部磁性層上に平坦化層を介してスパイラル状の導体コイルが形成され上部磁気コアが積層されてなる記録用の誘導型磁気ヘッド部とが真空薄膜形成技術によって順次積層形成されてなる、いわゆる複合型薄膜磁気ヘッドがある。

【0004】 具体的に、複合型薄膜磁気ヘッドは、図21に示すように、磁気抵抗効果型磁気ヘッド部（MRヘッド部）A上に誘導型磁気ヘッド部（インダクティブヘッド部）Bが積層されて構成されている。

【0005】 MRヘッド部Aにおいては、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC等を材料とする非磁性基板101上に絶縁層102を介して下部磁性層103となる軟磁性膜及びAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>或はSiO<sub>2</sub>を材料とする絶縁層104が順次積層され、この絶縁層104上に、磁気抵抗効果素子（MR素子）105が、その長手方向が磁気記録媒体との対向面（磁気記録媒体走行面）aとほぼ平行になるように配され、且つ長手方向の一方の端面が磁気記録媒体走行面aに露出するかたちで形成されている。

【0006】 さらに、MR素子105の両端部上に、このMR素子105にセンス電流を提供するための一対の引出し電極（図示は省略する。）が設けられ、このMR素子上には当該MR素子105と対向して当該MR素子101にバイアス電流を供給するためのバイアス導体106が配されている。

【0007】 そして、バイアス導体106上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

3 或はSiO<sub>2</sub>を材料とする絶縁層107が形成され、当該絶縁層107上に上部磁性層108となる軟磁性膜が積層されて上記MRヘッド部Aが構成されている。

【0008】インダクティブヘッド部Bは、下部磁気コアを兼ねた上部磁性層108上に磁気ギャップを形成するためのギャップ膜111が成膜され、さらにこのギャップ膜111上に表面を平坦化して導体コイル113の成膜を容易にするための第1の平坦化層112が成膜されて、さらにその表面上に導体コイル113がスパイラル状に形成されている。そして、表面の平坦化を図るためのレジスト等の高分子材料からなる第2の平坦化層114が成膜され、この第2の平坦化層114上に軟磁性体層である上部磁気コア115が形成されて上記インダクティブヘッド部Bが構成されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特に磁気テープを記録媒体としたデータレコーダ（主にバックアップ用）に搭載される複合型薄膜磁気ヘッドにおいて、近時の要請である高抗磁力記録媒体に対する記録／再生を可能とするために、インダクティブヘッド部Bの下部磁気コア103及び上部磁気コア115の材料として、高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜、例えばFe-Al系合金や、Fe-Co系合金、Co-Zr系アモルファス合金等を用いることが提案されている。また、MRヘッド部においては、MR素子105に代わって、強磁性材よりなる磁性層と導電性を有する非磁性材よりなる導電層とが数原子厚に交互に複数層積層され最上層及び最下層が磁性層とされて巨大磁気抵抗効果を奏する多層膜素子が用いられつつある。

【0010】この場合、一般に高飽和磁束密度を有する金属磁性膜が軟磁性を得るために必要とする熱処理温度とレジスト等よりなる第1、第2の平坦化層112、114の耐熱性との関係や、MR素子105自体の耐熱性が問題となる。

【0011】例えば、一般にMR素子（特に上記多層膜素子）は耐熱性に乏しいことが知られている。上記複合型薄膜磁気ヘッドを製造するに際しては、MRヘッド部Aを作製した後にインダクティブヘッド部Bを作製するために、高飽和磁束密度を有する金属磁性膜を下部磁気コア103及び上部磁気コア115の材料として用いる場合は、この金属磁性膜の軟磁性を得るために必要とする熱処理温度がMR素子105の耐熱温度を越えてしまったり、上記熱処理温度が第1、第2の平坦化層112、114の耐熱温度を越えてしまったりする問題が生じる。

【0012】さらに、複合型薄膜磁気ヘッドが磁気テープを記録媒体とするコンピュータのデータコーダ（主にバックアップ用）に搭載される摺動型の複合型薄膜磁気ヘッドである場合、ハードディスクに搭載されるものと異なり磁気記録媒体走行面が磁気テープと接触摺動する

ために、上記金属磁性膜を材料とする下部磁気コア及び上部磁気コアに生じる摩耗と偏摩耗が問題となる。

【0013】例えば、従来のパーマロイメッキ膜である金属磁性膜を材料とする下部磁気コア103及び上部磁気コア115を摺動型の複合型薄膜磁気ヘッドに設ける場合、磁気テープに対する下部磁気コア103及び上部磁気コア115はその摩耗量が基板101等の摩耗量に比して特に大きいために、これらの部分が基板101等の他の部分よりも速く摩耗してくぼみが生じるという、いわゆる偏摩耗が発生する。この偏摩耗の発生により磁気テープとの間にスペーシングが生じ、磁気ギャップの磁気テープに対する磁界強度が弱くなるため、特に高周波域における電磁変換特性が低下する。

【0014】現在のところ、複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、MRヘッド部に設けられるMR素子の耐熱性に関する作製上の問題と、摺動型の複合型薄膜磁気ヘッドに特有の問題である金属磁性膜よりなる下部磁気コア及び上部磁気コアに生じる摩耗（偏摩耗）に関する使用上の問題があり、どちらも解決法が模索されているという現状である。

【0015】そこで本発明は、上述の課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、MR素子を熱的に劣化させることなく高記録磁界密度を達成し、当該複合型薄膜磁気ヘッドが摺動型である場合に下部磁気コア及び上部磁気コアに発生しがちな偏摩耗を緩和して、信頼性の高い複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の対象となるものは、薄膜よりなる導体コイルを備える記録用の誘導型磁気ヘッド部と磁気抵抗効果素子を備える再生用の磁気抵抗効果型磁気ヘッド部とを併せ持つ複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法である。

【0017】本発明の複合型薄膜磁気ヘッドは、非磁性材料よりなる基板上に、上面に凹部を有する軟磁性材料よりなる下部磁気コアと、当該下部磁気コアの上面に設けられた凹部上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して埋設形成されてなるスパイラル状の導体コイルと、当該導体コイル上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して積層されてなる軟磁性材料よりなる上部磁気コアとを有する誘導型磁気ヘッド部を備えるとともに、下部磁性層を兼ねた前記上部磁気コア上に絶縁層を介して形成されてなる磁気抵抗効果素子と、当該磁気抵抗効果素子上に絶縁層を介して積層されてなる上部磁性層とを有する磁気抵抗効果型磁気ヘッド部を備えることを特徴とするものである。

【0018】ここで、上記複合型薄膜磁気ヘッドを製造するに際しては、非磁性材料よりなる基板上に、上面に凹部を有する軟磁性材料よりなる下部磁気コアを形成する工程と、当該凹部上に絶縁材料よりなる平坦化層を介

してスパイラル状の導体コイルを埋設形成する工程と、当該導体コイル上に絶縁材料よりなる平坦化層を介して軟磁性材料よりなる上部磁気コアを積層する工程とを順次終ることにより誘導型磁気ヘッド部を作製した後に、下部磁性層を兼ねた前記上部磁気コア上に絶縁層を介して磁気抵抗効果素子を形成する工程と、当該磁気抵抗効果素子上に絶縁層を介して上部磁性層を積層する工程とを順次終ることにより、当該複合型薄膜磁気ヘッドを製造する。

【0019】具体的には、基板と下部磁気コアとの間に、上面に溝部を有する絶縁層が形成され、当該絶縁層に溝部が存することにより下部磁気コアの上面に形成される凹部に平坦化層を介して導体コイルを埋設形成することが好適である。

【0020】また、下部磁気コア及び上部磁気コアをそれぞれ高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜、具体的にはFe-Ru-Ga-Si合金或はアモルファス合金を材料とする金属磁性膜として構成することが好ましい。ここで、これら下部磁気コア及び上部磁気コアは、その軟磁性を得るために施される熱処理時の加熱温度が磁気抵抗効果素子の劣化温度より高い金属磁性膜としてもよい。

【0021】さらに、上記基板を、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70~50/50であって且つNiOの含有量が5~30mol%である非磁性材料から構成することが好適である。

【0022】また、上部磁性層上に保護板を有し、この保護板もまた、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70~50/50であって且つNiOの含有量が5~30mol%である非磁性材料より構成することが好ましい。

【0023】ここで、CaOのTiO<sub>2</sub>に対する混合比が30/70より少ない場合、TiO<sub>2</sub>の析出量が多く、熱膨張係数が $100 \times 10^{-7}$ 以下と小さくなって各磁性層とのマッチングが悪化する。一方、CaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が50/50より多い場合、CaOが析出して焼結性が著しく劣化して緻密化を達成することが困難となる。

【0024】上述のように、本発明に係る複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、誘導型磁気ヘッド部にMRヘッド部が積層形成されるので、誘導型磁気ヘッド部が作製される過程において、下部磁気コア及び上部磁気コアの軟磁性を得るために施される熱処理時の加熱温度がMR素子の劣化温度より高い場合でも当該MR素子に対する影響は皆無である。したがって、MR素子を熱劣化させることなく高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜よりなる下部磁気コア及び上部磁気コアを設けることが可能となる。

【0025】しかも、下部磁気コアの上面に凹部を有

し、この凹部に導体コイルが形成されて凹部に埋設されたかたちとされているために、成膜時に上部磁気コアの体積を減少させることが可能となるとともに、MRヘッド部の下地を平坦化させることが容易となって磁気特性の劣化が抑制される。

【0026】さらに、上記基板を、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70~50/50であって且つNiOの含有量が5~30mol%である非磁性材料から構成することにより、磁気テープに対する摺動を繰り返すことにより生じる摩擦量が高い耐摩擦性を保ちつつ磁気記録媒体走行面の全体に亘って略々均一となり、偏摩擦が防止されることになる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、記録用の薄膜磁気ヘッドとして好適なインダクティブヘッド部に再生用のMRヘッド部が積層形成されてなる複合型薄膜磁気ヘッドに適用したいくつかの実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0028】この複合型薄膜磁気ヘッドは、図1に示すように、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC等の非磁性材料よりなるベース基板1上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等よりなる絶縁層2を介して、導体コイル4が下部磁気コア2と上部磁気コア9とにより挟持されてなるインダクティブヘッド部Pと、磁気抵抗効果を奏するMR素子1がそれぞれ軟磁性体層である下部磁性層を兼ねた上部磁気コア9と上部磁性層13とにより挟持されてなるMRヘッド部Qとが順次積層され、さらに上部磁性層13上に非磁性材料よりなる保護板14が形成されて構成されている。

【0029】インダクティブヘッド部Pにおいては、熱処理を施すことにより軟磁性体層となるFe-Ru-Ga-Si合金よりなる下部磁気コア2上に表面を平坦化して導体コイル4の成膜を容易にするためのレジスト等の高分子材料からなる第1の平坦化層23が成膜され、その表面上に導体コイル4がスパイラル状に形成されている。

【0030】ここで、ベース基板1上に成膜された絶縁層2の上面には溝部2aが形成されており、この溝部2aが存することにより下部磁気コア3に形成される凹部3a上に第1の平坦化層23を介して導体コイル4が埋設形成されている。

【0031】そして、表面の平坦化を図るためのレジスト等の高分子材料からなる第2の平坦化層6が導体コイル4の隙間を埋めるように形成されて下部磁気コア3の表面が平面状とされ、この第2の平坦化層6上に記録用の磁気ギャップを形成するギャップ膜7を介してFe-Ru-Ga-Si合金よりなる上部磁気コア9が形成され、上部に形成されるMRヘッド部Qの平坦な下地となる下地層21が成膜されて上記インダクティブヘッド部Pが構成されている。この場合、下部磁気コア3と上部

磁気コア9の各バックコア側が磁氣的に接続されて閉磁路が形成されている。

【0032】なお、下部磁気コア3及び上部磁気コア9の材料としては、Fe-Ru-Ga-Si合金の代わりにFe, Ni, Coのうちの1つ以上の元素とP, C, B, Siのうちの1つ以上の元素とからなるアモルファス合金や、これらを主成分としてAl, Ge, Be, Sn, In, Mo, W, Ti, Mn, Cr, Zr, Hf, Nb等を含有するメタル-メタロイド系アモルファス合金、或はCo, Hf, Zr等の遷移元素や希土類元素等を主成分とするメタル-メタロイド系アモルファス合金を用いてもよい。

【0033】一方、MRヘッド部Qは、MR素子1にセンス電流がトラック幅方向と略々平行する方向に流れる、いわゆる横型のMRヘッドである。具体的には、下部磁性層を兼ねた上部磁気コア9上に再生用の磁気ギャップを形成する $Al_2O_3$ 或は $SiO_2$ 等よりなる絶縁層10が成膜され、この絶縁層10上にNi-Fe等よりなるMR素子11がその長手方向が磁気記録媒体との対向面（磁気記録媒体走行面a）と略々平行となるように配され、且つその長手方向の一方の端面が磁気記録媒体走行面aに露出するかたちで形成されている。さらに、MR素子11上にはCr/Ta等からなり当該MR素子11にバイアス磁界を印加するためのバイアス導体12が設けられMR素子11と同一形状に加工形成されている。

【0034】ここで、バイアス導体12上には、このバイアス導体12にバイアス電流を供給するとともにMR素子11にセンス電流を提供するための図示しない一対の引出し電極が設けられている。ここで、これら引出し電極により挟持されたMR素子11の領域が磁気抵抗効果を示す有効感磁部となる。

【0035】そして、MR素子11及び上記引出し電極上に $Al_2O_3$ 或は $SiO_2$ 等よりなる絶縁層22が成膜され、この絶縁層22上に上部磁性層13がエポキシ樹脂等の接着材により接合されて、上記MRヘッド部Qが構成されている。

【0036】次いで、上記複合型薄膜磁気ヘッドの製造方法について説明する。ここでは、非磁性材料よりなる基板1上に、軟磁性材料よりなる下部磁気コア3を成膜して当該下部磁気コア3の上面に凹部3aを形成する工程と、当該凹部3a上に絶縁材料よりなる第1の平坦化層23を介してスパイラル状の導体コイル4を埋設形成する工程と、当該導体コイル4上に絶縁材料よりなる第2の平坦化層6を介して軟磁性材料よりなる上部磁気コア9を積層する工程とを順次経ることによりインダクティブヘッド部Pを作製した後に、下部磁性層を兼ねた前記上部磁気コア9上に絶縁層10を介してMR素子11を形成する工程と、当該MR素子11上に絶縁層22を介して上部磁性層13を積層する工程とを順次経ること

によりMRヘッド部Qを作製する。

【0037】具体的には、先ず図2に示すように、 $Al_2O_3$ -TiC等の非磁性材料よりなるベース基板1上にハイレートパイヤススパッタ等により $Al_2O_3$ よりなる絶縁層2を成膜する。

【0038】その後、ベース基板1の面出しを行うために、絶縁層2上に形成する下部磁気コア3の材料であるFe-Ru-Ga-Si合金が軟磁性を得る温度以上の温度、ここでは真空中570℃でベース基板1に熱処理を施す。この熱処理温度は、下部磁気コア3をFe-Ru-Ga-Si合金以外の金属磁性膜とする場合、その金属磁性膜が軟磁性を得るために必要な温度以上とする。

【0039】次いで、絶縁層2の表面を平坦化するために当該絶縁層2上にダイヤモンド・ポリッシュ、バフ研磨を施す。ここで、ダイヤモンド・ポリッシュは、錫や銅等の硬度の低い金属を用いてダイヤモンドの塗粒によりフロート・ポリッシングが施されるものである。また、バフ研磨は、一般にバフクロス等と称されるものやパッド等と称されるものを平滑な定盤に張り付けて、研磨剤としてアルカリ性のSi塗粒を用いて施されるものである。

【0040】その後、研磨された絶縁層2の上面に、フォトレジストを塗布してフォトリソグラフィ技術により所定のレジストパターンを形成し、このレジストパターンに倣ってイオンミリングによりエッチングを施して導体コイル4を埋設するための溝部2aを形成し、上記レジストパターンを除去する。

【0041】次いで、図3に示すように、絶縁層2上にFe-Ru-Ga-Si合金の金属磁性膜となる下部磁気コア3を形成する。この場合、RFマグネトロン・スパッタにより、 $Fe_{81}Ru_4Ga_{12}Si_3$ （原子%）の組成を有するターゲットを用いてスパッタリングを行った後に、溝部2aの場合と同様にイオンミリングによりエッチングを施す。この場合、溝部2aのテーパ形状に対しても成膜されることを考慮して、ターゲット直上における固定連続スパッタを行うこととする。

【0042】なお、成膜された金属磁性膜の組成が $(Fe_aRu_bGa_cSi_d)xNyO_zC_w$ （但し、a, b, c, d, x, y, z, wは各元素の原子%を示す。）とすると、 $68 \leq a \leq 90$ ,  $0.1 \leq b \leq 10$ ,  $0.1 \leq c \leq 15$ ,  $10 \leq d \leq 25$ ,  $80 \leq x \leq 100$ ,  $0 \leq y \leq 20$ ,  $0 \leq z \leq 20$ ,  $0 \leq w \leq 20$ ,  $a+b+c+d=100$ ,  $x+y+z+w=100$ の範囲内となる組成のターゲットを用いることが好ましい。

【0043】次に、導体コイル4を形成する際に平坦化を図り且つ導体コイル4と下部磁気コア3との絶縁を図るために、 $Al_2O_3$ よりなる第1の下地層23を連続成膜した後、Ti/Cuよりなる図示しないコイル下地

膜を成膜する。

【0044】そして、図4及び図5に示すように、上記コイル下地膜上にCuよりなる導体コイル4を形成する。この場合、メッキ下地膜の表面にフォトレジストを塗布してフォトリソグラフィ技術により所定のレジストパターンを形成し、このレジストパターンに倣って導体コイル4及び接続端子5を管理が容易な硫酸銅メッキ液を用いてメッキ成膜し、レジストパターンを剥離するとともにメッキ下地膜をイオンミリングにより除去する。このとき、第1の下地層23として $Al_2O_3$ 膜を成膜したために懸念されるボイドの発生を防止するために、導体コイル4のコイル高さとスペースとのアスペクト比を1以上とする。

【0045】次いで、図6に示す如く下部磁性コア3及び第1の下地層23の後端部を除去した後、図7に示すように、ハイレート・バイアス・スパッタ等により全面に $Al_2O_3$ 膜6aを成膜し、下部磁性コア3のフロントコア側とバックコア側及び接続端子5が露出するまで研磨を施すことにより第2の平坦化層6を形成する。

【0046】その後、図8に示すように、記録用の磁気ギャップを形成するためのギャップ膜7を全面に成膜し、フォトレジストを塗布してフォトリソグラフィ技術により所定のレジストパターンを形成して、このレジストパターンに倣ってバックギャップのエッチングを施して図9に示す如く下部磁性コア3のバックコア側及び接続端子5を露出させる。

【0047】次いで、図10に示すように、導体コイル4の引出し電極8を形成して接続端子5と電気的に接続する。この場合、ギャップ膜7の表面にメッキ下地膜を成膜した後に、フォトレジストを塗布してフォトリソグラフィ技術により所定のレジストパターンを形成し、このレジストパターンに倣ってメッキ成膜し、レジストパターンを剥離するとともにメッキ下地膜をイオンミリングにより除去する。

【0048】そして、図11に示すように、ギャップ膜7上にFe-Ru-Ga-Si合金の金属磁性膜となる上部磁気コア9を形成する。この場合、RFマグネトロン・スパッタにより、Fe81-Ru4-Ga12-Si3（原子%）の組成を有するターゲットを用いてスパッタリングを行い、イオンミリングによりエッチングを施して下部磁気コア3のバックコア側と接続され閉磁路が形成された上部磁気コア9が形成される。この場合、下部磁気コア3を形成する場合と異なり、ターゲット直上における回転スパッタを行うこととする。

【0049】続いて、図12に示すように、フレキシブル・ケーブルに接続するための端子24を導体コイル4を形成した場合と同様に硫酸銅メッキ液を用いてメッキ成膜する。

【0050】次いで、上部磁気コア9の材料であるFe-Ru-Ga-Si合金が軟磁性を得る温度以上の温

度、ここでは真空中550℃で熱処理を施す。

【0051】そして、図13に示すように、上部磁気コア9から端子24にかけて全面にハイレートバイアススパッタ等により $Al_2O_3$ よりなる下地層21を成膜し、図14に示すように、ダイヤモンド・ポリッシュ、バフ研磨を施すことにより上部磁気コア9の上面及び下地層21の上面を共に平坦化して、インダクティブヘッド部Pが完成する。

【0052】次いで、図15に示すように、上部磁気コア9の上面に、MR素子11の一对の引出し電極を形成するためにイオンエッチング装置を用いてエッチングを施す。

【0053】その後、上部磁気コア9の上面及び下地層21の上面に $Al_2O_3$ 或は $SiO_2$ 等よりなる絶縁層10を成膜し、この絶縁層10上にNi-Fe膜及びCr/Ta膜をスパッタリングにより順次成膜する。そして、図16に示すように、Ni-Fe膜及びCr/Ta膜上にフォトレジストを塗布してフォトリソグラフィ技術により所定のレジストパターンを形成し、このレジストパターンに倣ってイオンミリング等の手法によりエッチングを施してMR素子11及びバイアス導体12を形成する。

【0054】次いで、MR素子11の両端部に接続される一对の引出し電極をリフト・オフの手法によって形成した後に、MR素子11及び上記引出し電極上に $Al_2O_3$ 或は $SiO_2$ 等よりなる絶縁層22を成膜する。

【0055】そして、この絶縁層22上に上部磁性層13をエポキシ樹脂等の接着材により接合することによりMRヘッド部Qが完成する。さらに、上部磁性層13上に非磁性材料よりなる保護板14を形成することにより、上記複合型薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0056】本第1の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、インダクティブヘッド部P上にMRヘッド部Qが積層形成されるので、インダクティブヘッド部P部が作製される過程において、下部磁気コア3及び上部磁気コア9の軟磁性を得るために施される熱処理時の加熱温度がMR素子11の劣化温度より高い場合でも当該MR素子11に対する影響は皆無である。したがって、MR素子11を熱劣化させることなく高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜よりなる下部磁気コア3及び上部磁気コア9を設けることが可能となる。

【0057】しかも、下部磁気コア3の上面に凹部3aを有し、この凹部3a上に導体コイル4が形成されて凹部3a上に埋設されたかたちとされているために、成膜時に上部磁気コア9の体積を減少させることが可能となるとともに、MRヘッド部Qの下地を平坦化させることが容易となって磁気特性の劣化が抑制される。

【0058】ここで、1つの実験例について説明する。この実験は、上述の下部磁気コア3及び上部磁気コア9の材料であるFe-Ru-Ga-Si合金の金属磁性膜

の摩耗特性について、従来の下部磁気コア及び上部磁気コアの材料であるパーマロイ(Ni-Fe)メッキ膜である金属磁性膜との比較に基づいて調べたものである。

【0059】具体的には、Fe-Ru-Ga-Si合金からなるターゲットを使用して形成された金属磁性膜(サンプル1)と、Ni-Fe合金からなるターゲットを使用して形成された金属磁性膜(サンプル2)とを用い、各サンプルにそれぞれヌーブ圧痕を形成して磁気テープに対する比摩耗量を各サンプル単体で比較した。

【0060】その結果、図17に示すように、両者の摩耗特性には明かな差異があり、サンプル2に比してサンプル1の方が優れた摩耗特性を示した。

【0061】このように、本第1の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜を下部磁気コア及び上部磁気コアに用いても、摩耗特性を損なうことがない。

【0062】次いで、第2の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドについて説明する。この複合型薄膜磁気ヘッドは、第1の実施の形態のそれと略々同様の構成を有するが、そのベース基板1及び保護板14の材料が異なる点で相違する。なお、第1の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドに対応する部材等については同一の符号を記して説明を省略する。

【0063】すなわち、第2の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、ベース基板1及び保護板14の材料として、CaO, TiO<sub>2</sub>, 及びNiOを主成分とし、CaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70~50/50であって且つNiOの含有量が5~30mol%であるものが用いられている。

【0064】ここで、いくつかの実験例について説明する。先ず実験1として、ベース基板1及び保護板14を構成する非磁性材料の主成分であるCaO, TiO<sub>2</sub>, 及びNiOのうち、CaO/TiO<sub>2</sub>の混同比(モル比)を45/55の一定値とし、NiOを0~80mol%まで変化させた際の非磁性材料板の摩耗量変化(突き出し量の変化)と、当該非磁性材料板とFe-Ru-Ga-Si合金よりなる金属磁性膜との偏摩耗量変化について調べた。

【0065】ここでは、図18に示すような実験用のダミーヘッドを用い、所定の回転ドラムに搭載した。このダミーヘッドは、両側に一對の非磁性材料板31, 32が配され、これら一對の非磁性材料板31, 32よりそれぞれAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなる絶縁膜33, 34を介してFe-Ru-Ga-Si合金よりなる金属磁性膜35が狭

持されて構成されている。ここで非磁性材料板31, 32は、CaO, TiO<sub>2</sub>, 及びNiOを主成分とし、CaO/TiO<sub>2</sub>の混同比を45/55の一定値とし、NiOを0~80mol%まで変化させた材料よりなるものである。上記ダミーヘッドのサイズとしては、2mm(幅)×2mm(高さ)×0.2mm(厚み)で金属磁性膜35の厚みを20μm、絶縁膜33, 34の厚みをそれぞれ5μmとし、当り幅を70μm、先端部の曲率半径を5mmとした。

【0066】また、磁気記録媒体として2種の磁気テープ(テープA, テープB)を用い、これらの磁気テープを温度30℃、湿度80%の環境下で300時間上記ダミーヘッドと摺動させた。

【0067】一般に、磁気ヘッドの磁気記録媒体走行面に生じる偏摩耗は分離損失を誘起し、この分離損失Lは概略以下に示す式で示される。

$$【0068】L = 54.6d/\lambda \text{ (dB)}$$

ここで、dは磁気記録媒体と磁気記録媒体走行面との分離距離(偏摩耗量に相当する。)、λは記録波長である。この式より、偏摩耗量が大きくなると特に短波長領域(高周波領域)で出力が低下することがわかる。

【0069】実験1の結果について、NiO含有量変化に伴う非磁性材料板31, 32の摩耗量変化を図19に、NiO含有量変化に伴う非磁性材料板31, 32と金属磁性膜33, 34との偏摩耗量変化を図20にそれぞれ示す。

【0070】偏摩耗量は15nm以下であることが望ましく、摩耗量が大きいと磁気ヘッドの寿命が短くなるために耐摩耗性が高いほど良い。偏摩耗量と摩耗量とのバランスを考慮して総合的に評価すると、NiO含有量は5~30mol%である組成が最も良いことがわかる。

【0071】続いて、実験2について説明する。この実験2においては、実験1の結果に基づいて、ベース基板1及び保護板14を構成する非磁性材料の主成分であるCaO, TiO<sub>2</sub>, 及びNiOのうち、NiO含有量を10mol%の一定値とし、CaO/TiO<sub>2</sub>の混同比(モル比)を10/90, 20/80, 30/70, 40/60, 45/55, 50/50, 55/45と変化させた際の、上記非磁性材料の熱膨張係数及び気孔率を調べたものである。

【0072】実験2の結果を以下の表1に示す。

【0073】

【表1】



NiO:10mol%							
CaO/TiO <sub>2</sub> (モル比)	10/90	20/80	30/70	40/60	45/55	50/50	55/45
熱膨張係数 ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) (100~550 $^{\circ}\text{C}$ )	95	100	104	107	114	121	
気孔率	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	<0.1%	>30%

【0074】この表1から分かるように、CaOのTiO<sub>2</sub>に対する混合比が30/70より少ない場合、TiO<sub>2</sub>の析出量が多く、熱膨張係数が $100 \times 10^{-7}$ 以下と小さくなって各磁性層とのマッチングが悪化する。一方、CaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が50/50より多い場合、CaOが析出して焼結性が著しく劣化して緻密化を達成することが困難となる。したがって、CaO/TiO<sub>2</sub>の混同比を30/70~50/50とすることが好適であると言える。

【0075】本第2の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドにおいては、第2の実施の形態の場合と同様に、インダクティブヘッド部P上にMRヘッド部Qが積層形成されるので、インダクティブヘッドP部が作製される過程において、下部磁気コア3及び上部磁気コア9の軟磁性を得るために施される熱処理時の加熱温度がMR素子11の劣化温度より高い場合でも当該MR素子11に対する影響は皆無である。したがって、MR素子11を熱劣化させることなく高透磁率及び高飽和磁束密度を有する金属磁性膜よりなる下部磁気コア3及び上部磁気コア9を設けることが可能となる。

【0076】しかも、下部磁気コア3の上面に凹部3aを有し、この凹部3a上に導体コイル4が形成されて凹部3a上に埋設されたかたちとされているために、成膜時に上部磁気コア9の体積を減少させることが可能となるとともに、MRヘッド部Qの下地を平坦化させることが容易となって磁気特性の劣化が抑制される。

【0077】さらに、ベース基板1及び保護板14を、CaO、TiO<sub>2</sub>、及びNiOを主成分としてCaOとTiO<sub>2</sub>との混合比が30/70~50/50であって且つNiOの含有量が5~30mol%である非磁性材料から構成することにより、磁気テープに対する摺動を繰り返すことにより生じる摩耗量が高い耐摩耗性を保ちつつ磁気記録媒体走行面の全体に亘って略々均一となり、偏摩耗が防止されることになる。

【0078】

【発明の効果】本発明に係る複合型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法においては、製造時にMR素子を熱的に劣化させることなく高記録磁界密度を達成し、当該複合型薄膜磁気ヘッドが摺動型の場合に下部磁気コア及び上部磁気コアに発生しがちな偏摩耗を緩和して、製品の信頼性を大幅に向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態に係る複合型薄膜磁気ヘッドを模式的に示す縦断面図である。

【図2】ベース基板上に絶縁層が成膜された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図3】絶縁層上に下部磁気コアが形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図4】コイル下地膜上に導体コイルが形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図5】導体コイルの接続端子が形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図6】下部磁性コア及び第1の下地層の後端部が除去された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図7】第2の平坦化層が形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図8】ギャップ膜が成膜された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図9】ギャップ膜にエッチングが施された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図10】導体コイルの引出し電極が接続端子と電氣的に接続された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図11】ギャップ膜上に上部磁気コアが形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図12】フレキシブル・ケーブルに接続するための端子が形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図13】下地層が成膜された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図14】上部磁気コアの上面及び下地層の上面が共に平坦化された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図15】上部磁気コアの上面に引出し電極を形成するためにエッチングが施された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図16】MR素子及びバイアス導体が形成された様子を模式的に示す縦断面図である。

【図17】Fe-Ru-Ga-Si合金からなる金属磁性膜とNi-Fe合金からなる金属磁性膜との磁気テープに対する比摩耗量の差異を示す特性図である。

【図18】実験用のダミーヘッドを模式的に示す斜視図である。

【図19】NiO含有量変化に伴う非磁性材料板の摩耗量変化を示す特性図である。

【図20】NiO含有量変化に伴う非磁性材料板と金属磁性膜との偏摩耗量変化を示す特性図である。

【図 21】従来の複合型薄膜磁気ヘッドを模式的に示す縦断面図である。

【符号の説明】

P インダクティブヘッド部

Q MRヘッド部

1 ベース基板

2 絶縁層

2a 溝部

3 下部磁気コア

3a 凹部

4 導体コイル

6 第2の平坦化層

9 上部磁気コア

10 絶縁層

11 MR素子

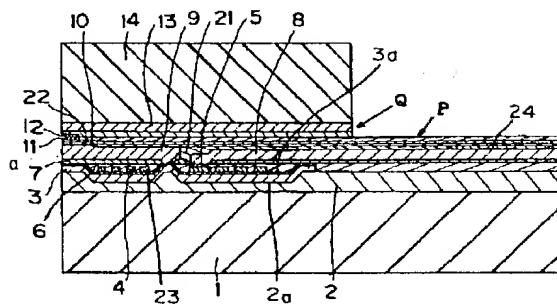
12 バイアス導体

13 上部磁性層

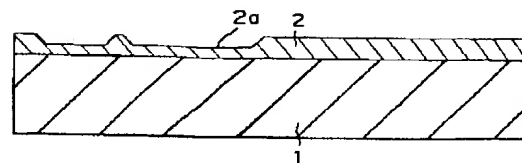
14 保護板

23 第1の平坦化層

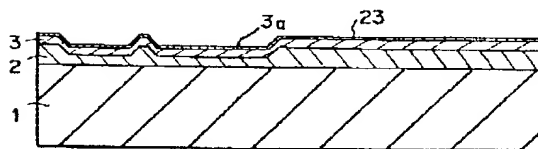
【図 1】



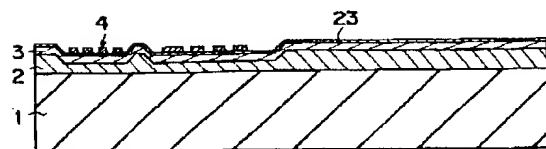
【図 2】



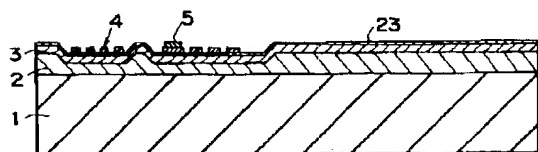
【図 3】



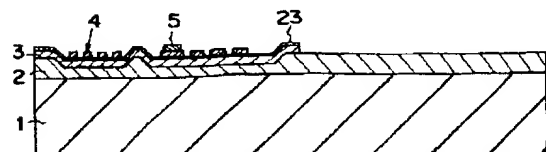
【図 4】



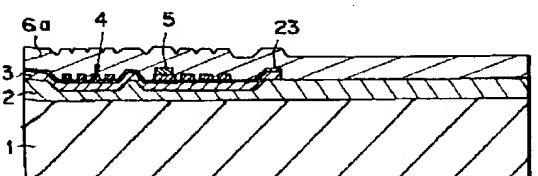
【図 5】



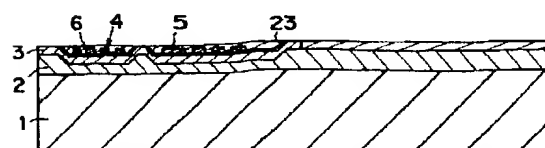
【図 6】



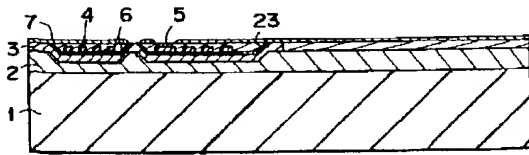
【図 7】



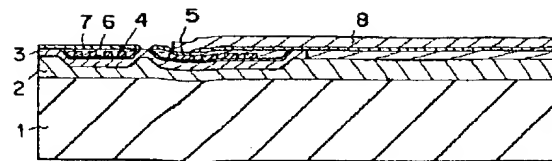
【図 8】



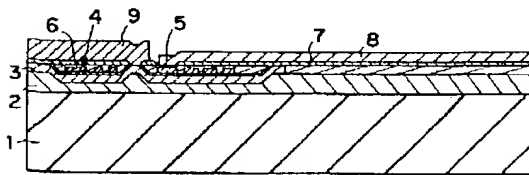
【図9】



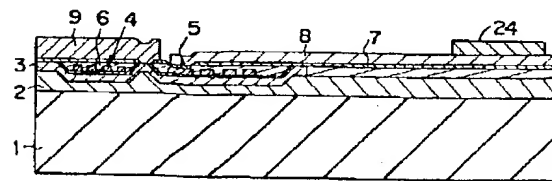
【図10】



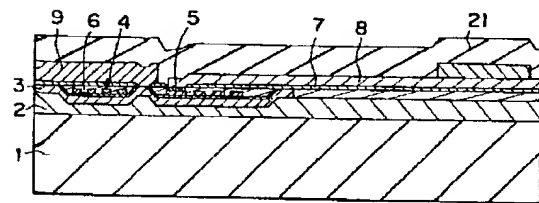
【図11】



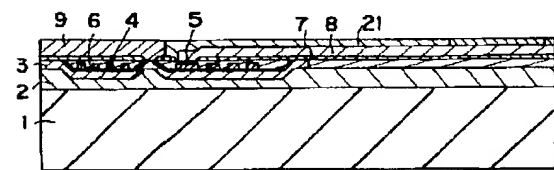
【図12】



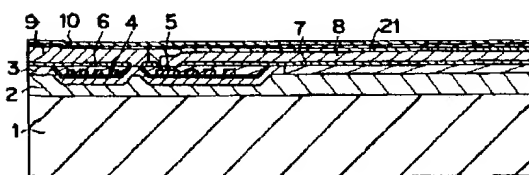
【図13】



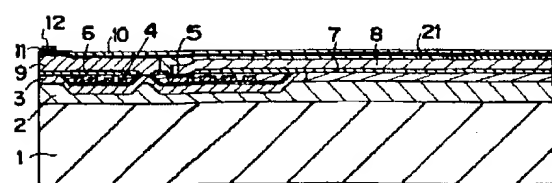
【図14】



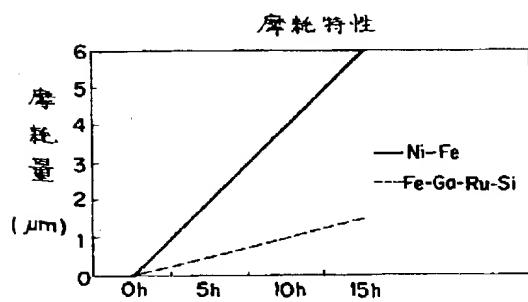
【図15】



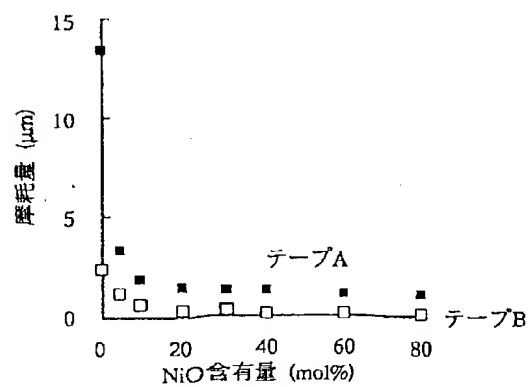
【図16】



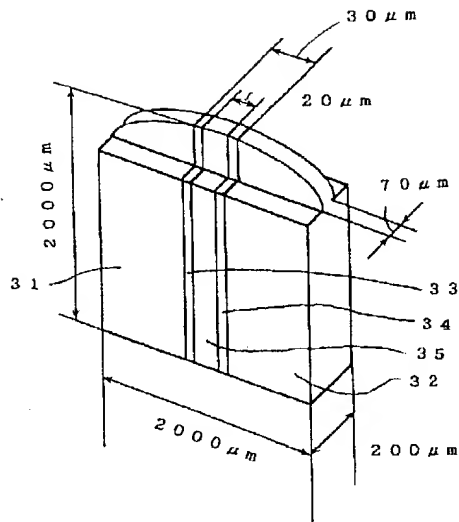
【図17】



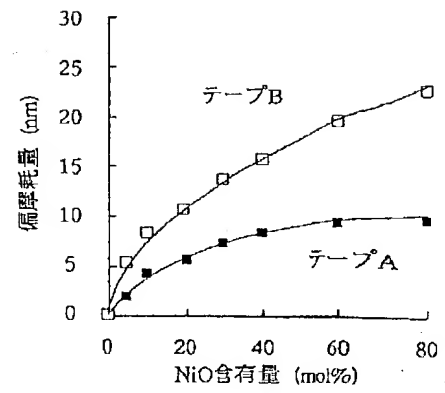
【図19】



【図18】



【図20】



【図21】

